

講演

水晶体再建術の進化による,  
Quality of Vision (QOV) のさらなる改善

昭和大学医学部眼科学講座

恩田 秀 寿

第352回昭和大学学会例会研究紹介講演

2019年2月9日 13:25～13:50 昭和大学16号館2階講義室

○司会 それでは次席を始めたいと思います。座長の小林一女先生、どうぞよろしくお願いいたします。

○座長(小林一女) はい、先生方こんにちは。それでは研究紹介講演2を始めたいと思います。

本日は眼科学講座 恩田秀寿教授をお招きしております。では、講演の前にご略歴を紹介させていただきます。恩田先生は1999年昭和大学を卒業され、その後大学院に進まれておられます。2003年に大学院外科系眼科学を終了され、その後2007年に昭和大学の助教になられました。2009年には米国カリフォルニア大学アーバイン校に留学されておられます。帰国されて、13年には昭和大学の講師、14年には准教授、18年から眼科学講座の主任教授になられました。先生の専門分野は外傷性眼疾患、今日お話しいただく白内障、眼形成、涙道などでいらっしゃいます。先生は大変手術が上手な先生です。今日お話を聞くのを楽しみにしております。では先生、よろしくお願いいたします。

○恩田 小林先生、ご紹介ありがとうございます。今日私が話す内容は、臨床的な白内障手術の最先端がどうなっているのか、これをお話したいと思います。

今、ご会場のみなさまも、もしかしたら少し目が見えづらくなっている方もいらっしゃると思いますが、それは、もしかしたら白内障があるかもしれませんし、もしかしたら加齢黄斑変性というちょっと治りづらい病気なのかもしれません。今日は加齢性白内障に関してお話をしたいと思います。

そもそも白内障というのは全世界的にも、失明の原因のNo.1でございます。1991年の日本の厚生省の統計では、だいたい15.6%の方に中途失明の方が

いらっしゃいましたが、2007年には3.2%に減少しております。ちなみに、今のNo.1は緑内障になります。この白内障の減少に一番役立ったのが、やはり白内障手術ということになります。

白内障手術は、失明予防目的で、世界的に古代からやられている手術でございますが、当初は見えない眼をパッと明るくさせる程度の手術でした。それが徐々にQuality of lifeですね、見えなくて歩けなかった人、外出もできなかった人が歩けるようになる。見えづらかった目が少し見えるようになる。そういうADLの改善に役立ってきた手術になってきたと思います。

その後、Quality of vision、今日お話する内容ですけども、目の見え方の質ですね、質の向上の獲得、改善ができた。さらには、Super visionって言われる、きめ細かな見え方が今後も実現するのではないかという、予兆さえ感じさせる昨今でございます。

基本的に水晶体はこの部分ですね。目の前のほうにあるレンズのことを言います。ここを黄斑と言います。ここで人間は見ています。特に中心窩という真ん中で見ていますが、光が入った時に、網膜に結像する所が中心窩です。ここに結ぶか結ばれないかによって、私たちの見え方は全然違うものになってしまいます。

さて、水晶体はそもそもどのように歳を取って白内障になっていくのか。これは皮膚と同じような構造なんですけれども、元々の発生が表皮外胚葉由来であります。水晶体も同じです。しかしながら、私たちの皮膚は垢となって脱落して落ちます。中高年になってくると、シワやシミなどが発生します。じゃあ、水晶体はどうなるか。水晶体は徐々に、垢

と同じような不溶性タンパクというものが水晶体の中で発生することによって、袋の中にどんどん、どんどん溜まっていきます。そして、いつぞや、硬化、混濁してくるとというのが白内障の始まりになります。

水晶体の細胞はこの上皮細胞という所で代謝が行われていますが、徐々に上皮細胞が赤道部に回り込み、その後に線維細胞というものに分化します。分化した後に、徐々に、この胚性核線維の周りにギュギュギュと押し込められていく、いわゆる玉ネギの断面みたいな感じをイメージしていただければいいんですが、玉ネギがギュギュギュと緻密な構造になっていくと思ってください。そういう不溶性タンパクが増えていくと、水分量が減少して、いつぞや水晶体のレンズが硬化、硬くなってきます。これが白内障の進行の原因になります。

これは子どもの生まれる前の胎生、胎児6週の水晶体になります。全く今の成人のものとはかけ離れたものですが、胚表皮外胚葉由来というのがわかります。

加齢性白内障による水晶体の変化、目で見るとこんな感じです。出生時のレンズの大きさから、高齢者になると10mmぐらい縦幅が5mmぐらいと大きくなります。さらに気付くと思いますが、黄色く蛍光物質を発するようになります。これも代謝産物が凝縮するためです。実際に私たちの使っているスリット、細隙灯顕微鏡検査を行いますと、下の20歳の時から70歳に掛けて、徐々にこの蛍光物質が増えて黄色く、さらには茶色くなる、そういうのが見受けられます。

白内障が進むとどうなるか。硬くなる、大きくなる、表面が白濁する、黄色くなる。じゃあ、私たちの視力として、または視機能としてどのような状況が生まれるかといいますと、調節力の低下、つまり老眼ですね。そして、また、若い頃は遠くが見えたのに、最近は近くがよく見える、屈折の変化、乱視の変化。さらに眩しいなどの羞明。なんか赤と緑のコントラストがわかりづらい、コントラスト感の低下。こういう症状が起こってきます。いわゆる視機能の低下が起こります。

さあ、私たちは白内障になった眼を、元のきれいなレンズには戻すことは難しいです。ただし、水晶体を取ることで、新しく見えさせることはできるの

ではないかということで始められたのが、水晶体の摘出手術です。下の図は昔の手術です。まず失明回避ということなので、このように真っ白く、茶色く濁った眼の中から水晶体だけを取り除くICCE、水晶体の袋だけ残して取り除くECCEというものが編み出されて、このように、今、ECCEで水晶体を、水晶体の袋から取り出す、こういう状況になっております。

で、水晶体を取りました。さあ、取れたらどうなりますか？ピンボケ状態です。何も見えません。光ぐらいですね。指が動くぐらい。昔の方はこういう凸レンズを眼鏡に置いて見てました。今はこんなレンズはございません。それはなぜかと言いますと、このように、眼内レンズというものができたからですね。眼内レンズと同時に、こちらの超音波乳化吸引術、水晶体を取り除くのではなく、破碎して吸引してしまおうという発想から生まれた技術ですが、これが今の水晶体再建術の原型になります。

当初、1980年代は6mmの切開、眼の角膜の幅がほしい12mmですから、半分ぐらい切るイメージです。そこから眼内レンズを目の中に挿入します。眼内レンズの大きさも、切開幅と同じように6mmになります。全長は13mm、少し眼の中できちんと固定されるように、大きめの手足が付いております。素材はポリメチルメタクリレートだったり、アクリルレンズだったりします。このように、眼内レンズを用いた水晶体再建術を完成させることによって、われわれは失明の回避からQOL, Quality of life, そしてADLの改善に持ち込むことができました。

近現代の白内障手術です。つい20年ぐらい前から始まった手術ですが、先ほどの6mmの切開創から3.5mmに小さくなりました。これによって、傷口を糸で縫わなくてもいい手術、角膜だけを切る手術、これが可能になって、いわゆる今の標準的な白内障手術に近づいております。

さらに、眼内レンズの素材が改良されました。先ほどのPMMAレンズという硬いレンズではなくて、アクリルレンズという曲げられるレンズ、シリコンという、とてもしなやかなレンズ、それらにさらに黄色を着色させることによって、青色光、有害な青色光を除去する、サングラスを掛けなくても済むレンズが誕生しております。

さらに、2000年代からは、2.1 mm なる極小切開をされる先生もおりまして、さらに白内障手術の装置の進歩に相まって、眼内レンズの挿入が2.1 mm というすごく狭い創から挿入することが可能になりました。これによって、さらに Quality of vision が改善していくこととなりますが、これで不自由なく見えるようになりましたので、水晶体再建術、いわゆる白内障手術はこれでもう完成なのか？そう思いたくなる時代でもございました。

しかし最近の技術の進歩はめまぐるしいものでありまして、これだけじゃ留まらないのが今の技術です。それで、私たちに残された課題というものはどういうものがあるのか。今までの技術では屈折や視力低下、羞明、コントラスト感度の低下、これらはだいたいクリアすることができましたが、調節力の低下や乱視の変化は、残された課題となっております。これにチャレンジすることが、Quality of vision の向上への挑戦ということになります。

今日は2つ話したかったんですけど、1つだけということで、調節力の低下に関して、つまり老眼の克服ができるかどうかに関して、最新のお話をしたいと思いますが、まず基礎的なことです。私たちが遠くを見る時には、水晶体を薄く、近くの本を読む時には水晶体を厚くして、自己調節をして見ております。それによって、遠くの木からスマートフォンまでスムーズな見え方を、若い頃から行っております。

実際にはこんな画像ですね。テレビをつけた。馬がいます。「これ、馬、気に入らないから、ちょっと違う番組にしようか。エイッ」ってということで、自分の手元を見る。そうすると、馬の画像がぼやけます。これは実際に、今私たちがこの場でも感じられる、自然な状況です。で、変わったかどうか確認します。「変わってないや。電池切れかな」とか、そういう感じですけども。こういうふうに、遠くを見れば近く、近くを見れば遠く、どちらかがぼやけるのが自然現象。これが調節能になります。

この調節は若い頃からどんどん減少していきます。70歳には調節力がゼロ状態近くにまで落ち込むことで、もう手許は老眼鏡無しでは見えない。早い人では45歳ぐらいから、老眼を自覚することで、近くが見えないために疲れるっていう自覚が出てくるはずで。

それでは、じゃあ、白内障手術後の調節力ってどうなっているんでしょうか？という疑問も湧くと思いますけれども、白内障手術後、眼内レンズになりますから、当然調節力はゼロ、その通りなんですね。今、私たちが健康保険で使っている単焦点眼内レンズというものは、左に示すようなこのような形をしています。ほぼ、全く昔と同じです。このレンズを使って遠くにピントを合わせると、木がよく見えますけれども、近くは眼鏡が必要になります。つまり、調節できない状況になっております。

これで満足かどうかということです。単焦点レンズを通して光を入れると、1か所にだけビームが集中する。これが単焦点の原理です。満足をしたくないので、これを2か所に配分できないかと考え始めたのが、2000年代初頭になります。ビームを2か所に振り分けることで、遠くのものを見る、近くのものを見る、そういうことをできるのではないかと考えました。

では、多焦点眼内レンズっていうのはどういうふうに分光させているか。これは、物理的な光の特性を応用したものであります。光というのは真っ直ぐ進む、曲がる、弱め合う、強め合う、何かの光だけ通る、そういう光学的な性質を持ってございます。屈折というのは、このように暗い中を一筋の光が通ると、水中の所で屈折します。境界面で何かズレるから、こういうふうに屈折することがわかっております。さらに、光が空気中から水だけでなく、違う物質から異なる物質に入る時にもこの現象が生じます。

これは簡単に申しますと、車輪があります。舗装はツルツルしており、舗装の所を車輪が斜めに砂利道のほうに行くと砂利道のほうが走りづらくなりますので、こちらの車輪のほうが遅くなります。でもまだこちらの車輪がツルツルしている所にいますから、クルクル、クルクルと、いわゆる右折するような感じになって曲がる。これが屈折の原理になります。こうすることで、光を曲げることができるということに、人間は気付きました。

そういう異なる屈折力のレンズを、このように眼内レンズの真ん中から順々に置いていくことによって、真ん中は遠く用、次は近く用、順々に置いていくことによって、近くのものも網膜に焦点が合う、遠くからのものも網膜に焦点が合う。このように同心円



上に交互に配置することで、2か所のものを見ることができるようではないかと考えられました。

もう1つの方法、もう1つの光の曲げ方、回折と干渉という物理的な要素を考えてみたいと思います。高校の物理で習ったと思いますけれども、回折格子という現象ですね。このようにスリットを作る訳ですが、50マイクロメートルとすごく狭いスリットを作る。そこに光を当てると、これが曲がるという性質があります。曲がる角度というのは、このスリットとスリットの間の距離に関わってきます。ですから、このようにスリットの間が広いと、曲がる力が弱まる、短いと強まるという、この原理を眼内レンズに応用しました。

実際に、遠くのものをあまり曲げずに、近くのをグイッと曲げることで見るためには、このようにミックスの回折格子が必要になります。そうすると、その回折格子の光の先にはある1点に集中する場所ができることがわかりました。これによって、近くも遠くも見えるのではないかとということでしたが、実は、回折格子は光を100%通すことができずにおりました。なぜならば、光学素子を見ますと、光は赤色や緑色や青色、いろんな違う波長の光が合わさっているので、これがうまく1点には収まらず、少し分散してしまう状況になっておりました。

これを、光学的な技術でブレード化っていうんですけれども、このようにギザギザにして斜めにすることで、一方方向、ある方向に屈折させることに成功しました。これを応用して、回折格子の表面を全部斜め切りにグルグルグルとして、さらに、この溝を長くしたり細くしたりすることで、光の角度を眼内レンズの上で構築できるのではないかと。そうすると、きれいに光が1点に集まる。これが回折で、この回折を眼内レンズに応用できるのではないかとという理論です。

実際の回折型多焦点眼内レンズの表面になります。このように、ブレード化、エシュレット構造って言うんですけど、こういうのをギザギザ、ギザギザこういうふうにすることによって、一点に光を集めます。ここから来た光は、逆に真っ直ぐ入ります。ある所の光はこのように集中して、また真っ直ぐ入ります。さらにそこに球面レンズですね、いわゆる眼鏡と同じ眼内レンズの度数を組み合わせることで、多焦点眼内レンズというものが誕生して、

開発されております。

これは眼内レンズを真正面から散瞳して見た所ですね。瞳を広げて見た所です。このように同心円上のスリットがグルグル、グルグルと巻いておりまして、周辺に行くほどこの回折格子の隙間が狭いことがわかります。遠くはここで見て、近くの像はここから屈折を強めて網膜に送り込むという原理です。

さて、しかしながら、この二焦点という見え方は、実はスマートフォンと木、この2つしか見ていないんです。その間のテレビや本とかは、見えていないので、これも一緒に見たいという願望があります。これが普通の見え方です。遠くを見た時に近くがぼやける。で、先ほどの回折型の眼内レンズですと、このように、遠くも近くも同時に見えます。よく見ると、ぼやけている所が1つありません。

ただ1つ違う所が、色合いです。緑の色や、特にこの赤の色とかが薄まっています。コントラスト感度が落ちるんですね。それは100%入った光を近くと遠くに分かれることによって、光エネルギーが分散してしまうことによって、遠くの色合い、近くの色合いが少し薄まってしまう。これを改善できないかということで、最近出されてきましたのが、このExtended Depth of Focus IOLという、EDOFっていう眼内レンズになります。

これは、ちょっと上の多焦点、二焦点眼内レンズと比べこしますと、こういう隙間が無いので、あたかも全部見えるという印象になります。ましてや、この単焦点ですと、ここしか見えなくて、こちら辺はほとんど見えないということになります。ほとんど構造的には同じ構造になります。ただし、先ほどのギザギザをさまざまなギザギザを組み合わせることで、焦点が一点ではなくて、焦点を伸ばすことができるようになりました。これによって、遠くや近くがググッと自然な分配で見えるようになりました。

これが視力表になりますが、こちらが視力、例えば1.2とか1.5とか、こちらが0.1とかの視力だとします。遠くはこちらで近くはこちら。眼内レンズが1, 2, 3, 4, 5種類、書いてあります。今まで健康保険で使われている単焦点眼内レンズは、このように遠くにピントを合わせた場合、ズルズルと近くはほとんど眼鏡使用になってしまいます。二焦点眼内レンズですと、このように2か所に合ってしまう

ので、中間が見えなくなります。この中間をグッと見えるようにさせたのがこの EDOF レンズ、焦点拡張型のレンズになります。

これを今年の 8 月から導入しまして、11 月まで 8 例 15 眼に試してみました。現在でもまだ、この多焦点眼内レンズ、月にだいたい 15 件ぐらいを目標としてやろうとしておりますが、まずは初期の結果をお話したいと思います。3 か月の間に、経過観察が可能であった 8 例 15 眼になります。平均年齢は 75 歳。評価項目は満足度と裸眼視力の 2 つです。これが全部の一覧です。83 歳から若い人でも 65 歳ぐらいの方で、満足度はここに書いてあります。

どのような満足度にしたか。白内障手術で多焦点眼内レンズをあなたは入れましたけれども、この人を他人に紹介できますか？できると答えられた人が 5、できないは 1、その間を 3 等分します。そのようにすると、このような満足度になりました。

多焦点眼内レンズの目標は、眼鏡を使わずに日常生活を送ることなので、眼鏡がなくても全く問題ないというご老人が、やはり、3 名いました。すごい小さい字は見えづらいので、レンズが必要かなってという人が 5 名いました。

このように、よく見えていた人だけ抽出して、実際に視力の推移を見ますと、白内障手術後 1 週間が赤、3 か月が青になります。二焦点レンズですと、ここからグイーン落ちて、こういう V 字を出すんですけども、ある程度近くまで見えるような、見え方になっております。ただ、術後早期には見えづらくなって思ったんですけども、3 か月経つとグイッと上がるのが、このレンズの特徴です。若い 67 歳の方もググッと上がって、みな良好な視力を得ております。

もう 1 つ、ほんとに話したかったんですけども、この乱視に関しては、また後日ということです。

今の多焦点眼内レンズの性能を最大限に発揮するためにどうしたらいいか。正確に眼内レンズを選ぶだとか、乱視の矯正、もう 1 つ、眼内レンズを適切な位置に置けるようになると、さらによい見え方になると考えられ、このフェムトセカンドレーザーが、近年開発されてきました。簡単に言うと、透明な物体の奥をレーザーの照射だけで切り取る。いわゆる、よく温泉街とかで売っている、ガラスの中に入っている模様が入っている、その絵の作成にはこの

フェムトセカンドが使われているんですね。

実際に、フェムトセカンドレーザーの臨床的なビデオを供覧します。このように患者さんの眼にレーザーをドッキングします。レーザーで角膜をこういうふうに切りましょう、メスを用いなくて切りましょうというガイドです。OCT っていう光で組織の深さがわかる装置を横に見ながらレーザー照射を、この後このような模様で行っていきます。角膜の切り口、切開創をここに付けて、ここに付けてというふうにデザインをしておきます。それで、今、このように、水晶体前面をバーッとレーザーで切りました。核を格子状にマンガークットのようにやります。水晶体を分割してます。今、この泡が出ている所、ここが、今、角膜を切った所です。

このような FLACS という新しい手技を導入しまして、今後も最先端の白内障手術を昭和大学に根付かせていきたいと考えております。以上です。ありがとうございました。

○座長 恩田先生、ありがとうございました。会場の先生方でご質問がありますか。

○笠井 大変興味深いお話で、ありがとうございました。私、リハビリテーション科の笠井でございます。2 つ質問させてください。先生、寿命がすごく伸びていますよね。そうすると、水晶体の寿命も延びているのかっていうことがまず 1 つめの質問です。2 つめですけども、いわゆる多焦点眼内レンズを入れてしまうと、今までは脳が見ようとしていたものに焦点を合わせていたと思うんですけども、今後、見ようとしていないものまで焦点が合ってしまうのであるならば、これは脳がそれを識別、判別していくことによって、脳の疲れとか、そういったものに繋がってこないものなのかなって、ちょっと、素人ながら考えましたが、いかがでしょうか。

○恩田 高齢化に伴って、白内障がたくさん増えてきておりますけれども、始まる年齢というのはさまざまでございます。喫煙だとか酸化作用によって助長されますので、そういうのが今後減ってくれば、もしかしたら白内障が減るかもしれません。あと、頭で映像を 1 つに、どちらかを選択するというのは、どうも、お年寄りの人は苦手みたいです。多焦点眼内レンズは高齢者ほど、頭を切り替えて見なくちゃいけないので、高齢者ほど難しいっていうのを

あらかじめ説明しないといけないと思います。

○小林 他にはよろしかったでしょうか。先生，これはまだ，保険収載されていない手術でしょうか。

○恩田 医療保険などの先進医療では認められて，

今，おりますけれども，保険ではまだです。

○小林 わかりました。それでは時間となりました，先生，どうもありがとうございました。